

TRANSESTERIFIKASI ULTRASONIK MINYAK LIMBAH AMPAS KELAPA MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

NUR ARIFAH HIDAYATI

D500140070

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**TRANSESTERIFIKASI ULTRASONIK
MINYAK LIMBAH AMPAS KELAPA MENJADI BIODIESEL
DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA**

PUBLIKASI ILMIAH

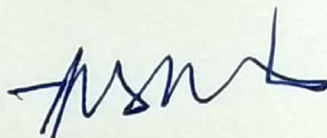
Oleh:

NUR ARIFAH HIDAYATI

D500140070

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D

NIK. 664

HALAMAN PENGESAHAN
TRANSESTERIFIKASI ULTRASONIK
MINYAK LIMBAH AMPAS KELAPA MENJADI BIODIESEL
DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA

Oleh:

NUR ARIFAH HIDAYATI

D500140070

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari, 16 Juni 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Herry Purnama, M.T., PhD

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Haryanto A R. M.S

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Emi Erawati S.T., M.Eng

(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 9 April 2018

Penulis



NUR ARIFAH HIDAYATI
D500140070

TRANSESTERIFIKASI ULTRASONIK MINYAK LIMBAH AMPAS KELAPA MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari sumber biologis terbarukan seperti minyak nabati, lemak hewan dan limbah minyak nabati. Salah satunya sumber yang bisa digunakan yaitu dari limbah ampas kelapa. Limbah ampas kelapa mengandung minyak sekitar 12,20–15,90%, kandungan ini dapat dikonversi menjadi biodiesel. Proses ekstraksi dan pembuatan biodiesel dilakukan menggunakan alat ultrasonik. Gelombang ultrasonik mampu mempercepat reaksi karena efek yang ditimbulkan memberikan efek kavitasi, efek panas, efek struktural yang membuat penetrasi larutan zat terlarut dan homogenisasi terjadi lebih cepat. Proses pembuatan biodiesel dilakukan menggunakan katalis basa heterogen CaO. CaO merupakan material yang harganya murah dan memiliki kelarutan yang rendah dalam pelarut methanol. Proses ekstraksi minyak kelapa dan transesterifikasi hasil minyak limbah ampas kelapa untuk dirubah menjadi biodiesel dilakukan menggunakan alat ultrasonik berfrekuensi 60 kHz. Proses ekstraksi dilakukan selama 2 jam dengan bahan baku dari 10 kg ampas kelapa kering dihasilkan 1000 ml minyak kelapa. Proses transesterifikasi ultrasonik dilakukan dengan 2 variabel bebas yaitu variasi katalis CaO 1,00%, 2,00%, dan 3,00% dan variasi temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C selama 60 menit. Perbandingan rasio molar minyak metanol yang digunakan pada proses transesterifikasi minyak limbah ampas kelapa yaitu sebesar 1:15 mol. Untuk mengetahui mutu biodiesel, dilakukan pengujian dengan beberapa standar biodiesel yaitu uji GC-MS dan uji fisis berupa densitas, viskositas kinematis, dan bilangan asam. Dari keseluruhan uji sudah memenuhi syarat standar mutu biodiesel SNI 7182:2015. Yield metil ester tertinggi mencapai 38,40% dengan konversi kadar metil ester sebesar 52,30%.

Kata Kunci : Biodiesel, Minyak limbah ampas kelapa, Katalis CaO, Transesterifikasi ultrasonik.

Abstract

Biodiesel is an alternative fuel made from a renewable biological sources such as vegetable oils, animal fats and waste vegetable oil. The one source that could be used i.e. from waste coconut dregs. Waste dregs of coconut oil contains approximately 12.20–15.90%, this content can be converted into biodiesel. The process of extraction and manufacture of biodiesel was performed using ultrasonic tool. Ultrasonic waves are able to accelerate reactions due to the effect of the cavitation effect, giving the effect of heat, structural effects which makes penetration of the solution of dissolved substance and homogenization occurred more quickly. The process of making

biodiesel made with alkaline catalysts heterogeneous CaO. CaO is the material that it's cheap and has low solubility in the solvent methanol. The process of extraction of coconut oil and transesterification waste dregs of coconut oil to was changed to biodiesel is done using ultrasonic frequency 60 kHz. The extraction process is carried out for 2 hours with raw materials from 10 kg of dried waste dregs of coconut produced 1000 ml coconut oil. The process of Transesterification ultrasonic is done with 2 free variables, namely CaO catalyst variation of 1.00%, 2.00%, 3.00% and temperature variations and 50⁰C, 60⁰C, and 70⁰C for 60 minutes. Comparison of the ratio of molar oil methanol used in oil Transesterification process of waste dregs of coconut oil, namely of 1:15 Mole. To know the quality of biodiesel, do some testing with standard biodiesel that is a test of the GC-MS and test the physical form kinematic viscosity, density, and number of the acid. From the overall test already qualify SNI 7182:2015 biodiesel quality standard. Methyl ester of the highest yield reached a 38.40% with conversion rate of methyl ester of 52.30%.

Key Words: Biodiesel, Waste dregs of coconut oil, CaO catalysts, Transesterification ultrasonic.

1. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini energi terbarukan telah menarik perhatian lebih bagi masyarakat (Kusmiyati & Sugiharto, 2010), salah satunya adalah biodiesel (Khalid & Khalid, 2011). Tingginya kebutuhan bahan bakar oleh masyarakat menyebabkan terjadinya kelangkaan minyak bumi (Kusmiyati et al., 2016). Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena memiliki emisi yang rendah sehingga tidak menyebabkan polusi (Kusmiyati, 2015).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber biologis terbarukan seperti minyak nabati, lemak hewan dan limbah minyak nabati (Aghbashlo et al., 2016; Haryono et al., 2016; Verma et al., 2016). Biodiesel lebih rendah emisinya dibanding dengan diesel-petro dan biodiesel dapat langsung digunakan tanpa harus memodifikasi mesin diesel (Ahmed et al., 2016).

Tanaman kelapa adalah tanaman serbaguna dan bernilai ekonomi tinggi. Seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan, sehingga disebut pohon kehidupan (*tree of life*). Industri yang bergerak di pengolahan buah kelapa memiliki produk samping yang dihasilkan berupa ampas kelapa. Ampas kelapa memiliki kandungan nutrisi yang masih cukup banyak yaitu protein 5,78%, lemak 38,24% dan serat kasar 15,07%

(Kurniawan et al., 2016). Selama ini limbah ampas kelapa dimanfaatkan hanya sebagai pakan ternak dengan harga jual yang sangat rendah (Yuvianti et al., 2015). Ampas kelapa adalah biomassa hasil perasan santan kelapa yang mengandung minyak sekitar 12,2 – 15,9% dan kandungan ini dapat dikonversi menjadi energi (Karnasuta et al., 2015; Khaidir et al., 2015). Hal tersebut memungkinkan ampas menjadi salah satu sumber bahan bakar alternatif yang dapat diolah menjadi biodiesel (Khaidir, 2016).

Usaha pemanfaatan ampas kelapa untuk dijadikan bahan baku biodiesel merupakan suatu hal positif dalam diversifikasi hasil pengolahan buah kelapa (Kurniawan et al., 2016). Daging buah kelapa memiliki kadar minyak yang tinggi sekitar 69,28% dari bobot kering daging buah (Khaidir et al., 2015). Walaupun jumlah minyak dari ampas kelapa hanya sekitar 12,2 – 15,9%, dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Karnasuta et al. (2015), Khaidir (2016), dan Khaidir et al. (2015) membuktikan bahwa ampas kelapa dapat dikonversi menjadi biodiesel dengan berbagai metode dan *treatment* yang digunakan. Proses ekstraksi dan pembuatan biodiesel dilakukan menggunakan alat ultrasonik. Gelombang ultrasonik mampu mempercepat reaksi karena efek yang ditimbulkan memberikan efek kavitasi, efek panas, efek struktural yang membuat penetrasi larutan zat terlarut dan homogenisasi terjadi lebih cepat (Putri et al. 2014). Proses pembuatan biodiesel (transesterifikasi) yang umum dilakukan menggunakan katalis basa heterogen salah satunya adalah CaO (Haryono et al., 2016; Hidayati et al., 2017; Setiadji et al., 2017; Widayat et al., 2017). Senyawa CaO merupakan material yang tersedia melimpah di Indonesia dan dapat dimanfaatkan sebagai katalis untuk proses transesterifikasi, selain itu harga belinya murah serta memiliki kelarutan rendah dalam pelarut metanol (Hidayati et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah ampas kelapa untuk pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi ultrasonik dengan katalis CaO dan untuk mengetahui pengaruh jumlah katalis dan temperatur reaksi terhadap yield metil ester yang dihasilkan.

2. METODE

2.1 Fermentasi Ampas Kelapa

Ampas kelapa dimasukkan ke dalam toples besar, kemudian ragi tape ditaburkan sebanyak 1,6% berat ampas kelapa. Selanjutnya wadah ditutup dan dibiarkan selama 24 jam dalam keadaan hampa udara (anaerobik). Setelah 24 jam, hasil tersebut dijemur sampai berwarna kecoklatan.

2.2 Ekstraksi Ampas Kelapa

Ampas kelapa yang telah difermentasi dan dijemur kemudian diekstraksi menggunakan labu leher tiga dengan alat ultrasonik, perbandingan 1:4 ampas kelapa sebanyak 100 gr dan pelarut metanol 400 ml selama 2 jam dengan temperatur 55-65°C. Setelah dihasilkan campuran minyak dan metanol, lalu minyak dipisahkan dan metanol dengan alat rotary evaporator dengan kecepatan 60-90 rpm dan temperatur 70°C hingga minyak dan metanol benar-benar terpisah.

2.3 Metode Transesterifikasi Ultrasonik

Minyak dan metanol dengan perbandingan 1:15 mol dimasukkan dalam erlemeyer dalam wadah terpisah. Metanol ditambahkan katalis sesuai variasi yaitu 1,00%, 2,00%, dan 3,00%. Minyak dan metanol yang telah ditambahkan katalis di panaskan dengan temperature awal pencampuran sesuai variasi temperatur yaitu 50°C, 60°C, dan 70°C. setelah itu minyak dan larutan metanol katalis di campurkan dalam wadah erlemeyer lalu di masukkan dalam reaktor ultrasonik yang frekuensinya 60 kHz untuk dilakukan proses transesterifikasi ultrasonik selama 60 menit. Setelah selesai larutan hasil transesterifikasi di masukkan dalam corong pemisah untuk dipisahkan antara biodiesel dan gliserol. Biodiesel terletak pada lapisan atas dan gliserol terletak pada lapisan bawah.

2.4 Pemurnian Biodiesel

Biodiesel yang diperoleh dicuci dengan aquades hangat (suhu 50°C–60°C) sebanyak 40% dari volume biodiesel yang dihasilkan. Campuran digocok selama 5 menit, selanjutnya didiamkan sampai terjadi pemisahan antara biodiesel dan campuran aquades dengan sisa bahan pengotor yang masih terdapat di dalam biodiesel. Aquades pencucian dibuang, kemudian pencucian diulang sampai 3 kali.

Setelah pencucian ketiga, biodiesel dibiarkan selama 24 jam agar biodiesel dan aquades terpisah sempurna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ekstraksi

Proses ekstraksi pada penelitian ini dilakukan menggunakan peralatan ultrasonik selama 2 jam dengan temperatur 55-65⁰C dengan perbandingan antara ampas kelapa sebanyak 100 gram dalam 400 ml metanol dan proses pemurnian minyak ampas kelapa digunakan alat rotary evaporator untuk memisahkan antara minyak ampas kelapa dengan metanol hingga tidak ada lagi metanol yang terkandung dalam minyak ampas kelapa. Jumlah total ampas kelapa yang digunakan dalam proses ekstraksi minyak ampas kelapa yaitu sebanyak 10 kg ampas kering dan dihasilkan 1 liter minyak ampas kelapa.

3.2 Transesterifikasi ultrasonik

Proses transesterifikasi pada penelitian ini juga menggunakan peralatan ultrasonik seperti pada proses ekstraksi sebelumnya sehingga disebut transesterifikasi ultrasonik.

Proses transesterifikasi ultrasonik pada penelitian ini menggunakan frekuensi ultrasonik tinggi 60 kHz dengan perbandingan mol minyak dan metanol 1:15 dan waktu reaksi 60 menit sebagai variable kontrol dan variasi katalis CaO 1,00%, 2,00%, 3,00% dan temperature 50⁰C, 60⁰C, dan 70⁰C sebagai variabel bebas. Pada saat reaksi timbul gelembung kecil berwarna putih pada campuran yang merata diseluruh bagian campuran minyak dan metanol. Perubahan warna juga terjadi pada saat transesterifikasi ultrasonik yaitu dari minyak hasil ekstraksi yang berwarna kuning gelap menjadi campuran yang berwarna kuning terang dan akhirnya terpisah menjadi gliserol dan biodiesel.

3.3 Hasil analisa densitas biodiesel pada variasi katalis dan temperatur transesterifikasi ultrasonik

Pengujian densitas dilakukan dengan alat uji yaitu piknometer 10 ml. Temperatur yang digunakan sebagai standar uji adalah 40⁰C, dimana temperatur tersebut merupakan standar suhu uji densitas biodiesel menurut mutu biodiesel SNI

7182:2015. Massa jenis biodiesel sesuai mutu biodiesel SNI 7182:2015 yaitu sebesar 850-890 kg/m³. Berikut besar densitas pada setiap perlakuan:

Tabel 1. Data hasil uji densitas biodiesel variasi katalis dan temperatur

No.	Variabel	Densitas(g/ml)	Mutu Biodiesel SNI 7182:2015
1	50 ⁰ C	0,8873	0,850-0,890
2	60 ⁰ C	0,8891	
3	70 ⁰ C	0,8962	
4	1,00%,	0,8891	
5	2,00%	0,8891	
6	3,00%	0,8839	

Hasil pengujian diatas, terlihat bahwa ada satu perlakuan yang tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu pada perlakuan temperatur reaksi transesterifikasi ultrasonik 70⁰C sebesar 0,8962 g/ml dan yang lainnya telah memenuhi mutu biodiesel SNI 7182:2015. Tinggi rendahnya densitas yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh adanya kandungan air di dalam metil ester. Kemungkinan lain juga bisa disebabkan karena masih adanya trigliserida yang belum terkonversi menjadi metil ester. Dalam penelitian ini densitas yang di hasilkan berkisar antara 0,8839-0,8962 g/ml.

3.4 Hasil analisa viskositas biodiesel pada variasi katalis dan temperature transesterifikasi ultrasonik

Pengujian viskositas dilakukan dengan alat viskosmeter Ostwald dengan satuan mm²/s atau centistokes (cSt) pada suhu 40⁰C. Mutu biodiesel SNI 7182:2015 untuk nilai viskositas biodiesel adalah 2,3-6,0 cSt. Hasil pengujian viskositas kinematik pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Data hasil uji viskositas biodiesel variasi katalis dan temperatur

No.	Variabel	Viskositas (cSt)	Mutu Biodiesel SNI 7182:2015
1	50 ⁰ C	6,9916	2,3-6,0 (cSt)
2	60 ⁰ C	4,29484	
3	70 ⁰ C	7,39112	
4	1,00%,	6,69196	
5	2,00%	4,29484	
6	3,00%	7,94046	

Hasil pengujian terlihat bahwa viskositas yang didapatkan ada yang memenuhi standar biodiesel yaitu pada perlakuan variasi temperatur 60⁰C dan pada variasi katalis 2,00% dan yang lainya melebihi standar biodiesel. Hal ini kemungkinan disebabkan kandungan trigliserida yang belum terkonversi menjadi metil ester masih tinggi sehingga viskositasnya pun masih tinggi. Viskositas kimenatik tertinggi dari metil ester yang terbentuk sebesar 7,94046 cSt pada perlakuan katalis 3,00% dengan temperatur 60⁰C. Sedangkan viskositas terendah sebesar 4,29484 cSt yaitu pada perlakuan katalis 2,00% dan temperature 60⁰C selama 60 menit. Hasil analisis viskositas kinematik pada penelitian ini bersikas 4,29484–7,94046 cSt.

3.5 Hasil analisa bilangan asam biodiesel pada variasi katalis dan temperatur transesterifikasi ultrasonik

Bilangan asam merupakan salah satu indikator dari syarat mutu biodiesel. Transesterifikasi terjadi proses pengikatan asam lemak bebas dengan basa sebagai katalisator sehingga membentuk sabun. Indikator yang dapat menunjukkan terbentuknya sabun adalah menurunnya nilai asam lemak bebas. Hasil analisa bilangan asam biodiesel disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3. Data hasil uji bilangan asam biodiesel variasi katalis dan temperatur

No.	Variabel	Bilangan Asam	Mutu Biodiesel SNI 7182:2015
1	50 ⁰ C	0,056	Mak 0,5
2	60 ⁰ C	0,068	
3	70 ⁰ C	0,06	
4	1,00%,	0,06	
5	2,00%	0,068	
6	3,00%	0,06	

Hasil pengujian terlihat bahwa analisis bilangan asam didapatkan semuanya telah memenuhi standar biodiesel yaitu dibawah 0,5 mg KOH/g biodiesel. Bilangan asam didapatkan berkisar 0,056-0,068 mh KOH/g biodiesel. Bilangan asam berpengaruh terhadap kualitas minyak, semakin tinggi bilangan asam pada biodiesel maka akan semakin rendah kualitas biodiesel tersebut, serta dapat mempengaruhi daya simpan dan tingkat korosifitasnya terhadap mesin.

3.6 Hasil analisa rendemen yield biodiesel pada variasi katalis dan temperatur transesterifikasi ultrasonik

Pada penelitian ini yield biodiesel diambil dari perbandingan volume minyak hasil ekstraksi yang digunakan untuk transesterifikasi dengan biodiesel yang dihasilkan setelah transesterifikasi ultrasonik. Perhitungan yield biodiesel dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

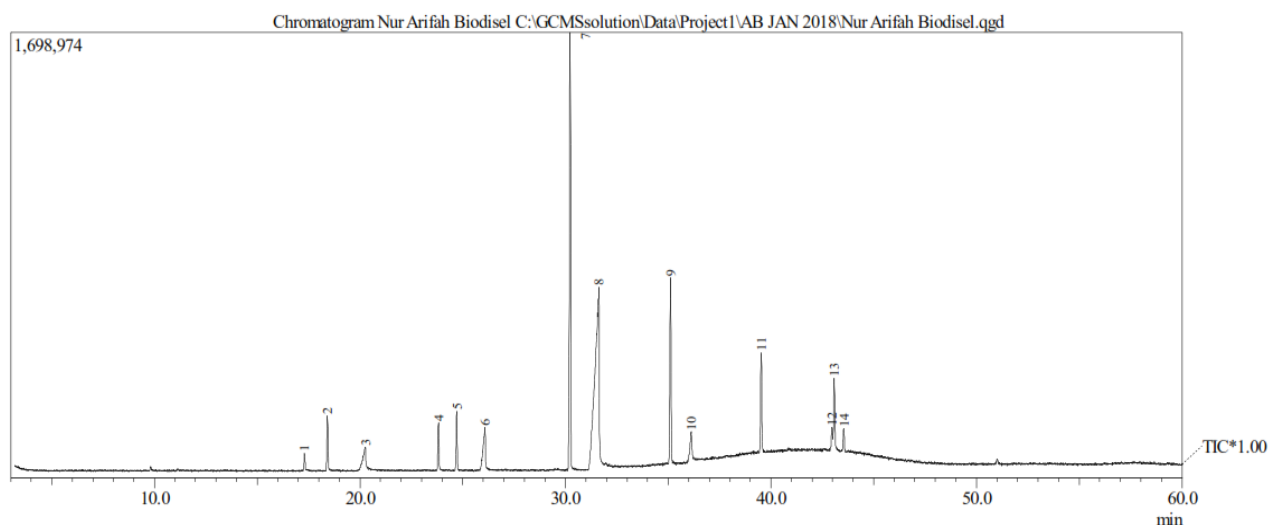
Tabel 4. Data hasil uji rendemen yield biodiesel variasi katalis dan temperatur

No.	Variabel	Variabel	Rendemen Yield (%)
1	50 ⁰ C	F1T1	27,27
2	60 ⁰ C	F1T2	35,72
3	70 ⁰ C	F1T3	26,54
4	1,00%,	F2K1	38,40
5	2,00%	F2K2	35,72
6	3,00%	F2K3	37,89

Hasil perhitungan yield biodiesel terlihat bahwa pada perlakuan temperatur yield biodiesel tertinggi pada temperatur 60⁰C yaitu sebesar 35,72%. Sedangkan pada perlakuan katalis yield biodiesel tertinggi didapatkan sebesar 38,40% dengan katalis 1,00%. Yield biodiesel terendah didapatkan pada perlakuan temperatur 70⁰C sebesar 26,54%. Yield biodiesel yang dihasilkan cenderung fluktuatif, hal ini disebabkan pada proses pencucian biodiesel ada biodiesel yang ikut terbuang dengan air.

3.7 Hasil analisa kandungan metil ester dengan uji GC-MS (Gas Chromatografi)

Pada penelitian ini untuk mengetahui kandungan metil ester dalam sampel dilakukan dengan pengujian GC-MS (Gas Chromatografi). Uji ini adalah uji umum yang sering di gunakan untuk mengetahui spesifikasi kandungan dalam suatu sampel. Berikut gambar hasil uji GC-MS Biodiesel limbah ampas kelapa.



Gambar 1. Hasil uji GCMS metil ester

Hasil uji GCMS pada gambar 1 di atas tampak 14 puncak (peak). Hasil uji ini merupakan sampel dari variasi temperatur 60°C dan variasi katalis 2,00%. Hasil analisis terlihat bahwa pada tiap-tiap puncak tidak semua terdeteksi sebagai metil ester. Hasil konversi metil ester umumnya menggunakan simbol puncak 74 terdapat pada puncak tertinggi pada peak line 7 dengan 23,75% area, selain itu metil ester juga terdapat pada peak line 2 sebesar 2,79% area, line 5 sebesar 3,02% area, line 9 sebesar 10,13% area, line 11 sebesar 5,71% area, line 12 sebesar 1,32% area, line 13 sebesar 4,28% area, dan line 14 sebesar 1,30% area, sehingga total konversi metil ester yang terbentuk sebesar 52,30% area.

Konversi metil ester pada penelitian ini tergolong rendah jika dibandingkan dengan penelitian lain dan memiliki kecenderungan grafik yang naik turun. Hal ini disebabkan karena reaksi transesterifikasi berlangsung reversible sehingga metil ester yang sudah terbentuk dapat bereaksi kembali menjadi trigliserida. Kemungkinan lain karena adanya air di dalam sistem yang tersisa saat proses pencucian dan dengan adanya peningkatan temperatur pada saat reaksi sehingga dapat terjadi reaksi hidrolisis ester menjadi asam dan alkohol yang dapat menyebabkan konversi FAME menurun.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan tentang pembuatan biodiesel dari limbah ampas kelapa dengan proses transesterifikasi ultrasonik dapat ditarik kesimpulan yaitu :

- a. Gelombang ultrasonik dapat diaplikasikan pada proses ekstraksi dan transesterifikasi minyak ampas kelapa menjadi biodiesel. Dengan frekuensi 60 kHz dan waktu 2 jam proses ekstraksi dari 10 kg ampas kelapa di hasilkan 1000 ml minyak kelapa.
- b. Sifat fisik metil ester yang dihasilkan dari proses transesterifikasi ultrasonik yang meliputi densitas, viskositas kinematik, bilangan asam sudah mutu biodiesel SNI 7182:2015. Yield biodiesel tertinggi mencapai 38,4% dengan katalis 1,00% selama 60 menit dan suhu 60°C. Konversi metil ester didapatkan 52,3% pada suhu 60°C, katalis 2,00% selama 60 menit.

4.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini adalah :

- a. Perlunya penelitian lebih lanjut untuk pengujian standar biodiesel lainnya seperti, titik nyala, titik kabut, angka setana, angka iodium, dan gliserol total.
- b. Proses transesterifikasi ultrasonik sebaiknya menggunakan pendingin misalnya kondensor yang berisi air agar suhu reaksi tidak terlalu tinggi dan lebih stabil. Pengaplikasian gelombang ultrasonik sebaiknya dimodifikasi dengan penutup atau peredam bunyi, karena bunyi yang dihasilkan cukup tinggi/keras.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghbashlo, M., Demirbas, A. & BRTeam, 2016. Biofuel. *Biofuel Research Journal*, 10(379), p.1. Available at: www.biofueljournal.com.
- Ahmed, F., Giwa, S.O., Ibrahim, M., & Giwa, A., 2016. Production of Biodiesel from Jatropha Curcas Seed Oil using Base Catalysed Transesterification. *International Journal of ChemTech Research*, 9(6), pp.322–332.
- Haryono, Rahayu, I. & Yulyati, Y.B., 2016. Biodiesel dari Minyak Goreng Sawit Bekas dengan Katalis Heterogen CaO : Studi Penentuan Rasio Mol Minyak / Metanol dan Waktu Reaksi Optimum. *Jurnal Eksergi*, 13(1), pp.1–5.

- Hidayati, N., Ariyanto, T. S., & Septiawan, H., 2017. Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Kalsium Oksida. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), pp.1-5.
- Karnasuta, S., Punsuvon, V. & Nokkaew, R., 2015. Biodiesel production from waste coconut oil in coconut milk manufacturing. *Walailak Journal of Science and Technology*, 12(3), pp.291–298.
- Khaidir, 2016. Pengolahan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Bakar Alternatif (Agricultural Waste Processing As Alternative Fuels). *Jurnal Agrium*, 13(2), pp.63–68.
- Khaidir, Nasruddin & Syahputra, D., 2015. Pengolahan Ampas Kelapa Dalam Menjadi Biodiesel Pada Beberapa Variasi Konsentrasi Katalis Kalium Hidroksida (Koh). *Jurnal Samudera*, 9(2), pp.78–92.
- Khalid, K., dan K. Khalid, 2011. Transesterification of Palm Oil for the Production of Biodiesel, *American Journal of Applied Sciences*, 8(8), 804-809.
- Kurniawan, Heri, Utomo Ristianto, Yusiati, L.M., 2016. Kualitas Nutrisi Ampas Kelapa (*Cocos Nucifera* L.) Fermentasi Menggunakan *Aspergillus Niger* Nutritional Quality Of Fermented Coconut Dregs Using *Aspergillus niger*. *Jurnal Buletin Peternakan*, 40(1), pp.26–33.
- Kusmiyati, 2015, Fish Waste Oil Conversion for Biodiesel Production Using Two Stage Reaction, *University Research Colloquium*, pp.50-56.
- Kusmiyati, K. & Sugiharto, A., 2010. Production of Biodiesel from Oleic Acid and Methanol by Reactive Distillation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 5(1), pp.1–6.
- Kusmiyati, Pratiwi, T.R. & Wulandari, T., 2016. Waste Fish Oil Biodiesel Production and Its Performace. , 11(2), pp.1040–1044.
- Putri, S.R., Lutfi, M. & Susilo, B., 2014. Ekstraksi Minyak dari Mikroalga Jenis

Chlorella sp . dengan Menggunakan Metode Osmotik Berbantuan Ultrasonik
Oil Extraction from Chlorella Sp . Through Osmotic Method Using Ultrasonic.
, 2(3), pp.198–204.

Setiadji, Soni., B, Nila Tanyela., Sudiarti, Tety., H, Eko Prabowo., & N, Bebeh Wahid., 2017. Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (*Ricinus communis*) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin, *Jurnal Kimia Valensi: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 3(1), pp.1-10.

Verma, D. et al., 2016. A critical review on production of biodiesel from various feedstocks. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 5(2), pp.51–58.
Available at: at: www.jsirjournal.com.

Widayat, W., Darmawan, T., Rosyid., R Ar., & Hadiyanto, H., 2017. Biodiesel Production by Using CaO Catalyst and Ultrasonic Assisted. *Journal of Physics: Conf. Series* 877 (2017) 012037, pp.1-8.

Yuvianti, Meri, Ernayati, Widya, Tarsono, R, M.A., 2015. Pemanfaatan Ampas Kelapa Sebagai Bahan Baku Tepung Kelapa Tinggi Serat Dengan Metode Freeze Drying. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2), pp.101–107.